

线圈、线圈组件、线圈装置及半导体工艺设备

技术领域

本申请涉及半导体制造领域，具体地，涉及一种用于激发等离子体的线圈、线圈组件、线圈装置及电感耦合等离子体半导体工艺设备。

背景技术

线圈是用于激发等离子体的重要元器件，其适用于诸如刻蚀、沉积等半导体工艺设备。以刻蚀半导体工艺设备为例，干法刻蚀工艺是指在半导体制造过程中使用等离子体进行刻蚀的技术，随着半导体元器件制造工艺的迅速发展，人们对元器件的性能与集成度的要求越来越高，这也就使得人们对半导体刻蚀工艺均匀性的要求越来越高。

在常用的电感耦合等离子体（Inductively Coupled Plasma，简称 ICP）刻蚀设备中，射频电流流经上电极回路中的线圈，通过感应耦合的方式在腔室中产生电磁场，再通过管路将各种反应气体引入腔室内，利用线圈产生的电磁场激发反应气体形成等离子体。这些等离子体再通过扩散、电迁移等机制达到腔室内的硅片表面实现刻蚀。

随着半导体制造技术的不断发展，晶圆的直径尺寸越来越大，且关键尺寸（CD）越来越小，提高等离子体分布的均匀性成为亟待解决的问题。

发明内容

本申请旨在至少解决现有技术中等离子体分布不均匀的问题，提出了一种用于激发等离子体的线圈、线圈组件、线圈装置及电感耦合等离子体半导体工艺设备。

为实现本申请的目，根据本申请的第一个方面，公开了一种用于激发等

离子体的线圈，适用于半导体工艺设备，所述线圈以回转延伸的方式设置在平面上，

所述线圈包括多个弧形部和多个连接部，所述弧形部和所述连接部绕所述线圈的回转中心设置，相邻的所述弧形部之间通过所述连接部相连；

所述线圈具有第一端和第二端，自所述线圈的第一端至第二端，所述弧形部与所述连接部依次交替间隔分布且所述弧形部的回转半径逐渐增大；

多个所述弧形部中的至少一个包括依次相连的第一变形段、圆弧段和第二变形段，所述第一变形段和所述第二变形段分别与所述圆弧段的两端连接，所述圆弧段所在圆的圆心为所述回转中心，所述弧形部的回转半径为所述圆弧段至所述回转中心的距离，

所述弧形部的所述第一变形段至所述回转中心的最大距离大于所在的所述弧形部的回转半径；

所述弧形部的所述第二变形段至所述回转中心的最大距离小于所在的所述弧形部的回转半径。

进一步地，在所述平面上，所述第一变形段相对于所述圆弧段所在圆向远离所述回转中心的方向突出，所述第二变形段相对于所述圆弧段所在圆向靠近所述回转中心的方向内缩。

进一步地，自所述线圈的第一端至第二端，所述第一变形段和所述第二变形段交替间隔设置。

进一步地，所述线圈的第一端和第二端均位于第一虚拟直线上，

所述线圈的第一端和第二端分别位于第二虚拟直线的两侧，所述第二虚拟直线与所述第一虚拟直线垂直且相交于所述回转中心。

进一步地，自所述线圈的第一端至第二端，相邻的两个所述弧形部分别位于所述第一虚拟直线的两侧；

同一所述弧形部上的第一变形段和第二变形段分别位于所述第二虚拟

直线的两侧。

进一步地，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第一变形段和多个所述第二变形段依次交替间隔分布。

进一步地，所述第一变形段为弧形，所有所述第一变形段的顶点位于经过所述回转中心的第三虚拟直线上；

所述第二变形段为弧形，所有所述第二变形段的顶点位于经过所述回转中心的第四虚拟直线上。

进一步地，所述第三虚拟直线与所述第四虚拟直线垂直；或者

所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° ；或者

所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° ；或者

所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° ；或者

所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° 。

进一步地，待处理晶圆的直径为 ϕ ，在同一所述弧形部上，所述第一变形段的突出距离为 $H1$ ，

$H1/\phi$ 的取值范围为 0.005 至 0.1；或者

$H1/\phi$ 的取值范围为 0.0067 至 0.05。

进一步地，待处理晶圆的直径为 ϕ ，在同一所述弧形部上，所述第二变形段的内缩距离为 $H2$ ，

$H2/\phi$ 的取值范围为 0.005 至 0.1；或者

$H2/\phi$ 的取值范围为 0.0067 至 0.05。

根据本申请的第二个方面，还公开了一种用于激发等离子体的线圈，适

用于半导体工艺设备，所述线圈以回转延伸的方式设置在平面上，所述线圈包括多个弧形部和多个连接部，所述弧形部和所述连接部绕所述线圈的回转中心设置，多个所述弧形部之间通过所述连接部相连；

所述弧形部具有变形段，所述变形段用于改变所述弧形部围成的所述线圈产生的感应电磁场的形状，以调节所述感应电磁场产生的等离子体的分布。

进一步地，所述线圈具有第一端和第二端，自所述线圈的第一端至第二端，所述弧形部依次分布且所述弧形部的回转半径逐渐增大。

进一步地，所述变形段包括第一变形段和第二变形段，所述第一变形段和所述第二变形段位于同一所述弧形部上；

所述第一变形段至所述回转中心的最大距离大于所在的所述弧形部的回转半径；

所述第二变形段至所述回转中心的最大距离小于所在的所述弧形部的回转半径。

进一步地，所述弧形部还具有圆弧段，所述第一变形段、所述第二变形段分别与所述圆弧段的两端连接，所述圆弧段所在圆的圆心为所述回转中心，所述弧形部的回转半径为所述圆弧段至所述回转中心的距离。

进一步地，所述线圈的第一端和第二端均位于第一虚拟直线上，

所述线圈的第一端和第二端分别位于第二虚拟直线的两侧，所述第二虚拟直线与所述第一虚拟直线垂直且相交于所述回转中心；

自所述线圈的第一端至第二端，相邻的两个所述弧形部分别位于所述第一虚拟直线的两侧；

同一所述弧形部上的所述第一变形段和所述第二变形段分别位于所述第二虚拟直线的两侧。

进一步地，所述第一变形段为弧形，所有所述第一变形段的顶点位于过所述回转中心的第三虚拟直线上；

所述第二变形段为弧形，所有所述第二变形段的顶点位于过所述回转中心的第四虚拟直线上。

进一步地，所述第三虚拟直线与所述第四虚拟直线垂直。

进一步地，所述线圈的最大回转半径小于待处理圆晶的半径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第一变形段和多个所述第二变形段依次交替间隔分布。

进一步地，所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° ；或者

所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° 。

进一步地，所述线圈的最小回转半径大于待处理圆晶的半径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第二变形段和多个所述第一变形段依次交替间隔分布。

进一步地，所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° ；或者

所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° 。

根据本申请的第三个方面，还公开了一种用于激发等离子体的线圈组件，适用于半导体工艺设备，包括多个上述的线圈，多个所述线圈以所述回转中心为偏转中心周向均匀分布。

根据本申请的第四个方面，还公开了一种用于激发等离子体的线圈装置，适用于半导体工艺设备，包括上述的线圈组件，所述线圈组件为至少两个，至少两个所述线圈组件自内而外间隔设置。

进一步地，位于最内侧的所述线圈组件的线圈最大回转半径小于待处理圆晶的半径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第一变形段和多个所

述第二变形段依次交替间隔分布；

位于最外侧的所述线圈组件的线圈最小回转半径大于待处理圆晶的半径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第二变形段和多个所述第一变形段依次交替间隔分布。

进一步地，所述第一变形段和所述第二变形段均为弧形；

位于最内侧的所述线圈组件上的所有所述第一变形段的顶点位于过所述回转中心的第三虚拟直线；

位于最外侧的所述线圈组件上的所有所述第二变形段的顶点位于过所述回转中心的第五虚拟直线；

所述第三虚拟直线与所述第五虚拟直线重合。

进一步地，所述第一变形段和所述第二变形段均为弧形；

位于最内侧的所述线圈组件上的所有所述第二变形段的顶点位于过所述回转中心的第四虚拟直线；

位于最外侧的所述线圈组件上的所有所述第一变形段的顶点位于过所述回转中心的第六虚拟直线；

所述第四虚拟直线与所述第六虚拟直线重合。

根据本申请的第五个方面，还公开了一种电感耦合等离子体半导体工艺设备，包括工艺腔室和上述的线圈，或者上述的线圈组件，或者上述的线圈装置，以将所述工艺腔室内的气体激发为等离子体。

本申请的线圈通过在弧形部上设置第一变形段、第二变形段，使第一变形段至回转中心的最大距离大于所在的弧形部的回转半径，第二变形段至回转中心的最大距离小于所在的弧形部的回转半径，相当于对线圈围成的面积在周向上的相应区域进行了调整，进而抵消了线圈为躲避接线柱而引起的面积差异，从而使晶圆上方区域等离子密度分布更加均匀，以此大大提高晶圆半径方向的工艺均匀性，提高工艺质量。

附图说明

图 1 为现有技术中的电感耦合等离子体半导体工艺设备的结构示意图；

图 2 为现有技术中的上电极的线圈结构示意图；

图 3 为现有技术中的上电极的线圈的变形区域示意图；

图 4 为现有技术中的上电极的线圈的变形区域对应的象限示意图；

图 5 为现有技术中的电感耦合等离子体半导体工艺设备的刻蚀速率图；

图 6 为现有技术中的电感耦合等离子体半导体工艺设备的偏心数据图；

图 7 为本申请实施例一的线圈的结构示意图；

图 8 为本申请实施例一的线圈组件的结构示意图；

图 9 为本申请实施例二的线圈的结构示意图；

图 10 为本申请实施例二的线圈组件的结构示意图；

图 11 为本申请包含实施例一的线圈组件和实施例二的线圈组件的线圈装置的结构示意图；

图 12 为采用本申请的线圈装置的电感耦合等离子体半导体工艺设备的刻蚀速率图；

图 13 为采用本申请的线圈装置的电感耦合等离子体半导体工艺设备的偏心图；

附图标记列表：

10、线圈；11、弧形部；12、连接部；111、第一变形段；112、第二变形段；113、圆弧段；O、回转中心；R、回转半径；D1、第一虚拟直线；D2、第二虚拟直线；D3、第三虚拟直线；D4、第四虚拟直线；D5、第五虚拟直线；D6、第六虚拟直线。

具体实施方式

为使本领域的技术人员更好地理解本申请的技术方案，下面结合附图来

对本申请提供的用于激发等离子体的线圈、线圈组件、线圈装置及电感耦合等离子体半导体工艺设备进行详细描述。

如图 1 所示，现有技术中电感耦合等离子体半导体工艺设备包括壳体 1、反应腔 2、上匹配器 3、上电极 4、下匹配器 5 和下电极 6。其中，上电极 4 包括内线圈 7 和外线圈 8，内线圈 7 和外线圈 8 分别与上匹配器 3 电连接。现有常用技术方案的线圈结构通常如图 2 所示，内线圈 7 和外线圈 8 组成同心圆线圈组，且并联。在图 2 所示的线圈结构中，内线圈 7 包括两个 1.5 匝的单线圈，外线圈 8 也包括两个 1.5 匝的单线圈，每个单线圈在回转延伸的过程中，回转半径逐渐变大。

本申请的发明人发现，如图 3 所示，由于每个单线圈的两端需要与接线柱 9 连接，当线圈以预设的回转半径延伸至接线柱 9 位置时，为了避让接线柱 9，线圈在接线柱 9 的附近会有较为明显变形，导致其与预设的回转半径不一致，如图 3 所示，在 A'区域和 B'区域会产生 $R > r'$ 的情况（ R 为单线圈实际回转半径； r' 为预设回转半径）。

如图 3 和图 4 所示，由于在 A'区域和 B'区域内 $R > r'$ ，使得线圈所围成的区域中在第 I、III 象限的面积要大于在第 II、IV 象限的面积，从而使得与第 I、III 象限对应位置的电感整体略大于与第 II、IV 象限对应位置的电感，由于电感强度与等离子体密度成正比，也就使得对应第 I、III 象限位置处的等离子体密度大于第 II、IV 象限对应位置处的等离子体密度，导致晶圆上对应第 I、III 象限的区域刻蚀速率比对应第 II、IV 象限的区域刻蚀速率快（参见图 5 所示的现有电感耦合等离子体半导体工艺设备的刻蚀速率数据图），由于刻蚀速率的相对不均匀，如图 6 所示的现有技术中的刻蚀速率偏心图，就会导致刻蚀过后形成类似“蝴蝶”形的特殊偏心图，使整体刻蚀速率不仅不均匀，而且各个采样点间差距较大，严重影响了工艺质量。因此，如何提高刻蚀的均匀性，提高工艺质量，是本领域亟待解决的问题。

为解决上述技术问题，如图7所示的本申请的实施例一，公开了一种用于激发等离子体的线圈，适用于诸如刻蚀、沉积等半导体工艺设备，该半导体工艺设备例如为电感耦合等离子体半导体工艺设备。线圈10以回转延伸的方式设置在平面上，线圈10包括多个弧形部11和多个连接部12，弧形部11和连接部12绕线圈10的回转中心O设置，相邻的弧形部11之间通过连接部12相连。

如图7所示，线圈10具有第一端和第二端，自线圈10的第一端至第二端，弧形部11与连接部12依次交替间隔分布且弧形部11的回转半径R逐渐增大。

其中，多个弧形部11中的至少一个包括依次相连的第一变形段111、圆弧段113和第二变形段112，第一变形段111和第二变形段112分别与圆弧段113的两端连接，圆弧段113所在圆的圆心为回转中心O，弧形部11的回转半径R为圆弧段113至回转中心O的距离，弧形部11的第一变形段111至回转中心O的最大距离大于所在的弧形部11的回转半径R；弧形部11的第二变形段112至回转中心O的最大距离小于所在的弧形部11的回转半径R。

本申请的线圈10通过在弧形部11上设置第一变形段111、第二变形段112，使第一变形段111至回转中心O的最大距离大于所在的弧形部11的回转半径R，第二变形段112至回转中心O的最大距离小于所在的弧形部11的回转半径R，相当于对线圈10围成的面积在周向上的相应区域进行了调整，进而抵消了线圈10为躲避接线柱而引起的面积差异，从而使晶圆上方区域等离子密度分布更加均匀，以此大大提高晶圆半径方向的工艺均匀性，提高工艺质量。

下面结合实施例一对本申请的线圈10进行具体说明：

如图7所示，在线圈10所在的平面上，线圈10的第一端和第二端均位

于第一虚拟直线 D1 上,同时,线圈 10 的第一端和第二端分别位于第二虚拟直线 D2 的两侧,第二虚拟直线 D2 与第一虚拟直线 D1 垂直且相交于回转中心 O,从而把平面分隔为如图 7 所示的四个象限。在本实施例一中,线圈 10 自第一端延伸至第二端过程中,依次经过第 II 象限、第 III 象限、第 IV 象限、第 I 象限、第 II 象限和第 III 象限形成 1.5 匝的绕线结构,也就是说,本实施例一中的线圈 10 是沿图 7 中逆时针方向回转延伸形成 1.5 匝的绕线结构。

如图 7 所示,在本实施例一中,自线圈 10 的第一端至第二端,总共设置有三个弧形部 11,其中,第一个弧形部 11 靠近线圈 10 的第一端、第三个弧形部 11 靠近线圈 10 的第二端,第二个弧形部 11 位于第一个弧形部 11 与第二个弧形部 11 之间。同时,第一个弧形部 11 和第三个弧形部 11 均位于图 7 中第一虚拟直线 D1 左侧的第 II 象限和第 III 象限内,而第二个弧形部 11 位于图 7 右侧的第 I 象限和第 IV 象限内。也就是说,自线圈 10 的第一端至第二端,相邻的两个弧形部 11 分别位于第一虚拟直线 D1 的两侧。

在本实施例的三个弧形部 11 中,每个弧形部 11 包括在逆时针方向上依次相连的第一变形段 111、圆弧段 113 和第二变形段 112。由于三个弧形部 11 沿逆时针方向依次间隔设置,因此,如图 7 所示,自线圈 10 的第一端至第二端,第一变形段 111 和第二变形段 112 交替间隔设置。并且,在第一个弧形部 11 和第二个弧形部 11 中,第一变形段 111 和圆弧段 113 位于第 II 象限内,而第二变形段 112 位于第 III 象限内;而第二个弧形部 11 的第一变形段 111 和圆弧段 113 位于第 IV 象限内,第二变形段 112 位于第 I 象限内。也就是说,同一弧形部 11 上的第一变形段 111 和第二变形段 112 分别位于第二虚拟直线 D2 的两侧。

如图 7 所示的实施例一,在线圈 10 所在的平面上,位于第 II 象限和第 IV 象限内的第一变形段 111 向远离回转中心 O 的方向突出,而位于第 I 象限和第 III 象限内的第二变形段 112 向靠近回转中心 O 的方向内缩。

进一步地，在同一弧形部 11 上，第一变形段 111 的突出距离为 H_1 ，第二变形段 112 的内缩距离为 H_2 ，待处理晶圆的直径为 ϕ ， H_1/ϕ 的取值范围为 0.005 至 0.1， H_2/ϕ 的取值范围为 0.005 至 0.1。在本实施例中，待处理晶圆的直径 ϕ 为 300mm，因此， H_1 的取值范围为 2mm 至 24mm， H_2 的取值范围为 2mm 至 24mm。在这个范围内可以获得一定的补偿效果，使工艺速率（例如刻蚀速率）相对均匀。优选地， H_1 的取值范围为 2mm 至 12mm， H_2 的取值范围为 2mm 至 12mm，在这个范围内均可以获得很好的补偿效果，工艺速率更加均匀。

以图 7 中第一虚拟直线 D1 右侧的第二个弧形部 11 为例，在理想的情况下，弧形部 11 应该以圆弧段 113 为回转半径 R 在图 7 中的第 I 象限和第 II 象限中分别形成两个面积相等的扇形结构，以保证生成等离子体密度的均匀性，然而实际上，为了躲避接线柱，与弧形部 11 位于第 IV 象限中的端部相连的连接部 12 实际上是沿顺时针的延伸方向逐渐向内缩的，从而会导致第 IV 象限内，弧形部 11 与第一虚拟直线 D1 和第二虚拟直线 D2 围成的扇形面积缩小，而与弧形部 11 位于第 I 象限中的端部相连的连接部 12 实际上是沿逆时针的延伸方向逐渐向外扩的，从而会导致第 I 象限内，弧形部 11 与第一虚拟直线 D1 和第二虚拟直线 D2 围成的扇形面积扩大，从而导致两个扇形面积不相等。

根据公式 $L = \frac{\Psi}{I} = \frac{BS}{I}$ （ L 为电感强度， Ψ 为磁通量； I 为通过线圈 10 的电流； B 为电场强度； S 为线圈 10 围成的面积）可知，电感强度 L 与线圈 10 面积 S 成正比。

而正是由于线圈 10 在第 I 象限内与第 IV 象限内围成的面积不相等，从而导致电感强度也不相等，进而等离子体密度也不相等，最终导致刻蚀速率不一致，刻蚀不均匀。

而本申请通过在第 IV 象限内设置向远离回转中心 O 的方向突出的第一

变形段 111, 使第 IV 象限内, 变形后的第一变形段 111 与圆弧段 113、第一虚拟直线 D1 和第二虚拟直线 D2 围成的扇形面积扩大, 减少了对应的连接部 12 变形而产生的面积变化; 而通过在第 I 象限设置向靠近回转中心 O 的方向内缩的第二变形段 112, 使第 I 象限内, 变形后的第二变形段 112 与第一虚拟直线 D1、第二虚拟直线 D2 围成的面积缩小, 减小了对应的连接部 12 变形而产生的面积变化。同理, 线圈 10 在第 II 象限的情况与第 IV 象限的情况相同, 而第 III 象限的情况与第 I 象限的情况也相同, 因此不再赘述。

可以看出, 本申请的线圈 10 通过设置第一变形段 111 和第二变形段 112, 可以减少连接部 12 为了避让接线柱而带来的线圈 10 面积变化, 从而使各个象限内的面积更加接近, 进而使等离子密度的分布更加均匀, 最终使整体的刻蚀速率更加均匀。换句话说, 通过改变线圈 10 形状使得第 I 象限、第 III 象限的等离子体密度降低、第 II 象限、第 IV 象限的等离子体密度提高, 随着等离子体密度的变化, 第 I 象限、第 III 象限的刻蚀速率下降、第 II 象限、第 IV 象限的刻蚀速率升高, 晶圆表面整体等离子体密度更加均匀, “蝴蝶”偏心图 (map) 获得了改善, 并提高整体晶圆刻蚀的均匀性。

如图 7 所示, 第一变形段 111 为弧形, 所有第一变形段 111 的顶点位于经过回转中心 O 的第三虚拟直线 D3 上; 第二变形段 112 为弧形, 所有第二变形段 112 的顶点位于经过回转中心 O 的第四虚拟直线 D4 上。

在一些实施例中, 第三虚拟直线 D3 与第四虚拟直线 D4 垂直。

在一些实施例中, 为了进一步提高刻蚀速率的均匀性, 第三虚拟直线 D3 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 A, A 满足: $20^{\circ} \leq A \leq 40^{\circ}$ 。

在一些实施例中, 为了进一步提高刻蚀速率的均匀性, 第四虚拟直线 D4 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 B, B 满足: $50^{\circ} \leq B \leq 70^{\circ}$ 。

如图 8 所示, 本申请的实施例一还公开了一种用于激发等离子体的线圈组件, 适用于半导体工艺设备, 包括多个上述的线圈 10, 多个线圈 10 以回

转中心 O 为偏转中心周向均匀分布。

具体来说，如图 8 所示，在本实施例一中，线圈组件包括两个线圈 10，两个线圈 10 以回转中心 O 为偏转中心，两个线圈 10 的偏转角度为 180° 。换句话说，两个线圈 10 以回转中心 O 为对称中心形成中心对称结构。

可以看出，在如图 8 所示的实施例一中，每个线圈 10 都是以回转延伸的方式设置在平面上，每个线圈 10 包括多个弧形部 11 和多个连接部 12，弧形部 11 和连接部 12 绕线圈 10 的回转中心 O 设置，多个弧形部 11 之间通过连接部 12 相连。两个线圈 10 中相互对称的一对弧形部 11 形成一个近似的圆形，所有弧形部 11 形成多个自内而外间隔分布的多个近似的圆形。

其中，弧形部 11 具有变形段，变形段用于改变弧形部 11 围成的线圈 10 产生的感应电磁场的形状，以调节感应电磁场产生的等离子体的分布。也就是说，上述实施例通过设置变形段改变线圈 10 产生的感应电磁场的形状，从而抵消连接部 12 避让接线柱而产生的电磁场变化，从而调节感应电磁场产生的等离子体分布情况，使刻蚀速率更加均匀。

如图 8 所示，每个线圈 10 具有第一端和第二端，自线圈 10 的第一端至第二端，弧形部 11 依次分布且弧形部 11 的回转半径 R 逐渐增大。其中，弧形部 11 包括第一变形段 111、圆弧段 113 和第二变形段 112，第一变形段 111 和第二变形段 112 位于同一弧形部 11 上；第一变形段 111 至回转中心 O 的最大距离大于所在的弧形部 11 的回转半径 R；第二变形段 112 至回转中心 O 的最大距离小于所在的弧形部 11 的回转半径 R。

本申请的线圈 10 通过在弧形部 11 上设置第一变形段 111、第二变形段 112，使第一变形段 111 至回转中心 O 的最大距离大于所在的弧形部 11 的回转半径 R，第二变形段 112 至回转中心 O 的最大距离小于所在的弧形部 11 的回转半径 R，相当于对线圈 10 围成的面积在周向上的相应区域进行了调整，进而抵消了线圈 10 为躲避接线柱而引起的面积差异，从而使晶圆上方区

域等离子密度分布更加均匀，以此大大提高晶圆半径方向的工艺均匀性，提高工艺质量。

可以理解的是，第一变形段 111、圆弧段 113 和第二变形段 112 依次相连，圆弧段 113 所在圆的圆心为回转中心 O，弧形部 11 的回转半径 R 为圆弧段 113 至回转中心 O 的距离。

如图 8 所示，线圈 10 所在的平面上具有相互垂直的第一虚拟直线 D1 和第二虚拟直线 D2，第一虚拟直线 D1 与第二虚拟直线 D2 相交于回转中心 O，从而将平面分为四个象限。线圈 10 沿逆时针方向回转延伸形成 1.5 匝的绕线结构。

需要说明的是，在上述实施例中，线圈 10 为 1.5 匝，但是这并不是限制性的，在图未示出的一些其他实施例中，线圈 10 还可以是 1 匝、2 匝、2.5 匝等。

如图 8 所示，每个线圈 10 的第一端和第二端均位于第一虚拟直线 D1 上，同时每个线圈 10 的第一端和第二端分别位于第二虚拟直线 D2 的两侧；自线圈 10 的第一端至第二端，相邻的两个弧形部 11 分别位于第一虚拟直线 D1 的两侧；第一变形段 111 和第二变形段 112 位于同一弧形部 11 上，同一弧形部 11 上的第一变形段 111 和第二变形段 112 分别位于第二虚拟直线 D2 的两侧。

其中，第一变形段 111 为弧形，如图 8 所示，两个线圈 10 的所有第一变形段 111 的顶点拟合形成一条经过回转中心 O 的第三虚拟直线 D3；第二变形段 112 为弧形，所有第二变形段 112 的顶点拟合形成一条经过回转中心 O 的第四虚拟直线 D4。第三虚拟直线 D3 与第四虚拟直线 D4 垂直。

需要说明的是，在如图 8 所示的实施例一中，两个线圈 10 组成上电极的内线圈，因此，线圈 10 的最大回转半径 R 小于待处理晶圆的半径，自线圈 10 的第一端至第二端，多个第一变形段 111 和多个第二变形段 112 依次交

替间隔分布。

在一些实施例中，第三虚拟直线 D3 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 A，A 满足： $20^{\circ} \leq A \leq 40^{\circ}$ 。

在一些实施例中，第四虚拟直线 D4 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 B，B 满足： $50^{\circ} \leq B \leq 70^{\circ}$ 。

需要说明的是，在上述实施例一中，线圈 10 用于安装在上电极的内线圈上，也就是说，线圈 10 围成的最大面积小于晶圆的面积，线圈 10 在为内线圈时围成的最大面积是指线圈 10 的外周轮廓所围面积。然而，这并不是限制性的，在如图 9 所示的实施例二中，线圈 10 还可以是上电极的外线圈，也就是说，线圈 10 围成的最小面积大于晶圆的面积，线圈 10 在为外线圈时围成的最小面积是指线圈 10 的内周轮廓所围面积。

下面结合具体的实施例二，对本申请的方案进行具体说明：

如图 9 所示，在本实施例二中，线圈 10 与实施例一基本相同，区别在于，在本实施例中第一变形段 111 与第二变形段 112 的设置位置不同。如图 9 所示，每个弧形部 11 包括在逆时针方向上依次相连的第二变形段 112、圆弧段 113 和第一变形段 111。因此，在本实施例二中，第一个弧形部 11 的第二变形段 112 和圆弧段 113 以及第三个弧形部 11 的第二变形段 112 和圆弧段 113 位于第 II 象限内，第一个弧形部 11 的第一变形段 111 位于第 III 象限内；而第二个弧形部 11 的第二变形段 112 和圆弧段 113 位于第 IV 象限内，第二个弧形部 11 的第一变形段 111 位于第 I 象限内。也就是说，在本实施例二中，虽然同一弧形部 11 上的第一变形段 111 和第二变形段 112 分别位于第二虚拟直线 D2 的两侧，但是与实施例一的分布情况是相反的。

同样以第一虚拟直线 D1 右侧的第二个弧形部 11 为例，在理想的情况下，弧形部 11 应该以圆弧段 113 为回转半径 R 在图 9 中第一虚拟直线 D1 右侧的第 I 象限和第 IV 象限中分别形成两个面积相等的扇形结构，以保证生成等离

子体密度的均匀性，然而实际上，为了躲避接线柱，与弧形部 11 位于第 IV 象限中的端部相连的连接部 12 实际上是沿顺时针的延伸方向逐渐向内缩的，从而会导致第 IV 象限内，弧形部 11 与第一虚拟直线 D1 和第二虚拟直线 D2 围成的扇形面积缩小，而与弧形部 11 位于第 I 象限中的端部相连的连接部 12 实际上是沿逆时针的延伸方向逐渐向外扩的，从而会导致第 I 象限内，弧形部 11 与第一虚拟直线 D1 和第二虚拟直线 D2 围成的扇形面积扩大，从而导致两个扇形面积不相等。

根据公式 $L = \frac{\Psi}{I} = \frac{BS}{I}$ （L 为电感强度， Ψ 为磁通量；I 为通过线圈 10 的电流；B 为电场强度；S 为线圈 10 围成的面积）可知，电感强度 L 与线圈 10 面积 S 成正比。

而正是由于线圈 10 在第 I 象限内与第 IV 象限内围成的面积不相等，从而导致电感强度也不相等，进而等离子体密度也不相等，最终导致刻蚀速率不一致，刻蚀不均匀。

而本申请的线圈通过在逆时针方向上依次相连的第二变形段 112、圆弧段 113 和第一变形段 111，使第一变形段 111 至回转中心 O 的最大距离大于所在的弧形部 11 的回转半径 R，第二变形段 112 至回转中心 O 的最大距离小于所在的弧形部 11 的回转半径 R，相当于对线圈 10 围成的面积进行了调整，进而抵消了线圈 10 为躲避接线柱而引起的面积差异，从而使晶圆上方区域等离子体密度分布更加均匀，以此大大提高晶圆半径方向的工艺均匀性，提高工艺质量。

需要强调的是，在本实施例二中，线圈 10 的最小面积大于晶圆的面积，也就是说，本实施例二的线圈 10 为外线圈，线圈 10 在为外线圈时围成的最小面积是指线圈 10 的内周轮廓所围面积，因此，在线圈 10 的最小面积大于晶圆的面积的情况下，线圈 10 位于晶圆在平面上正投影的外部，这就导致在进行第一变形段 111 和第二变形段 112 的设置时，不仅需要考虑线圈 10 围成

的面积的影响，还要考虑线圈 10 与晶圆边缘的距离。

根据实验数据显示，在待处理晶圆的直径为 300mm 的情况下，在第 I 象限中设置第一变形段 111 时，与现有技术中的标准线圈相比，第 I 象限中对应第一变形段 111 位置的刻蚀速率是降低的；而若将第 I 象限中第一变形段 111 改为第二变形段 112，第 I 象限中对应位置的刻蚀速率与现有技术中的标准线圈相比刻蚀速率是升高的。

这是因为，在第 I 象限设置向远离回转中心 O 的方向突出的第一变形段 111，使第 I 象限内，变形后的第一变形段 111 与圆弧段 113 与第一虚拟直线 D1 和第二虚拟直线 D2 围成的扇形面积扩大，虽然电感强度增加，但是由于向外扩张导致第一变形段 111 边缘与晶圆边缘的距离增加，到达晶圆表面的等离子体密度实际上是降低的，故而刻蚀速率也会下降；相应的，如果在第 I 象限设置向靠近回转中心 O 的方向内缩的第二变形段 112，使第 I 象限内，变形后的第二变形段 112 与第一虚拟直线 D1、第二虚拟直线 D2 围成的面积缩小，虽然电感强度降低，但是由于向内压缩导致第二变形段 112 边缘与晶圆边缘的距离减少，所以到达晶圆表面的等离子体密度是增加的，故而刻蚀速率也会升高。

也就是说，在线圈 10 的最小面积（线圈 10 的内周轮廓所围面积）大于晶圆的面积的情况下，即线圈 10 为外线圈的情况下，通过设置第一变形段 111 可以将对应的位置的刻蚀速率降低，设置第二变形段 112 可以将对应位置的刻蚀速率提高。因此，在本实施例中，第一变形段 111 是设置在第 I 象限和第 III 象限内的，第二变形段 112 是设置在第 II 象限和第 IV 象限内的。

如图 9 所示，在本实施中，通过在第 I 象限设置第一变形段 111，可以使第 I 象限内刻蚀速率下降；通过在第 IV 象限设置第二变形段 112，可以使第 IV 象限内刻蚀速率升高。同理，线圈 10 在第 II 象限的情况与第 IV 象限的情况相同，而第 III 象限的情况与第 I 象限的情况也相同，从而使整体刻蚀

速率更加均匀。

还需要说明的是，根据实验数据显示，在待处理晶圆的直径为 300mm 的情况下，当图 9 中第 I 象限中第一变形段 111 的 $H1=6\text{mm}$ 时，与现有技术中的标准线圈相比，第 I 象限中对应第一变形段 111 位置的刻蚀速率是降低的；当 $H1=12\text{mm}$ 时，第 I 象限中对应第一变形段 111 位置的刻蚀速率进一步降低，但是刻蚀速率的降低幅度减小；当 $H1=15\text{mm}$ 时，第 I 象限中对应第一变形段 111 位置的刻蚀速率不降反升。也就是说，第一变形段 111 向远离回转中心 O 的方向突出的范围是有限的，在该范围内，第一变形段 111 与晶圆之间的距离对刻蚀速率的影响是大于第一变形段 111 引起的面积变化对刻蚀速率的影响的，而超过这个范围后，第一变形段 111 引起的面积变化对刻蚀速率的影响将占主导，因此，导致刻蚀速率不降反升。

因此，在本实施例二中， $H1/\phi$ 的取值范围为 0.0067 至 0.05， $H2/\phi$ 的取值范围为 0.0067 至 0.05。在本实施例中，待处理晶圆的直径 ϕ 为 300mm，因此， $H1$ 的取值范围为 2mm 至 30mm， $H2$ 的取值范围为 2mm 至 30mm。优选地， $H1$ 的取值范围为 2mm 至 15mm， $H2$ 的取值范围为 2mm 至 15mm，在这个范围内均可以获得很好的补偿效果，刻蚀速率更加均匀。

如图 9 所示，在本实施例二中与实施例一相同，第一变形段 111 为弧形，所有第一变形段 111 的顶点位于经过回转中心 O 的第三虚拟直线 D3 上；第二变形段 112 为弧形，所有第二变形段 112 的顶点位于经过回转中心 O 的第四虚拟直线 D4 上。

在一些实施例中，第三虚拟直线 D3 与第四虚拟直线 D4 垂直。

本实施例二与实施例一的区别在于，为了进一步提高刻蚀速率的均匀性，在本实施例中，第三虚拟直线 D3 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 B，B 满足： $50^\circ \leq B \leq 70^\circ$ 。

在一些实施例中，为了进一步提高刻蚀速率的均匀性，第四虚拟直线

D4 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 A, A 满足: $20^{\circ} \leq A \leq 40^{\circ}$ 。

如图 10 所示的实施例二, 本申请还公开了一种线圈组件, 其结构与实施例一中的线圈组件基本相同, 区别在于, 在本实施例中, 两个线圈 10 组成上电极的外线圈, 因此, 线圈 10 的最小回转半径 R 大于待处理圆晶的半径, 并且自线圈 10 的第一端至第二端, 多个第二变形段 112 和多个第一变形段 111 依次交替间隔分布。

在一些实施例中, 第三虚拟直线 D3 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 B, B 满足: $50^{\circ} \leq B \leq 70^{\circ}$ 。

在一些实施例中, 第四虚拟直线 D4 与第一虚拟直线 D1 形成夹角 A, A 满足: $20^{\circ} \leq A \leq 40^{\circ}$ 。

本申请还公开了一种用于激发等离子体的线圈装置, 适用于半导体工艺设备, 包括上述的线圈组件, 线圈组件为至少两个, 至少两个线圈组件自内而外间隔设置。

具体来说, 如图 11 所示, 线圈装置包括实施例一的线圈组件和实施例二的线圈组件。其中, 实施例一的线圈组件位于最内侧, 即内线圈组件, 而实施例二的线圈组件位于最外侧, 即外线圈组件。

可以理解的是, 位于最内侧的线圈组件的线圈 10 最大回转半径 R 小于待处理晶圆的半径, 自线圈 10 的第一端至第二端, 多个第一变形段 111 和多个第二变形段 112 依次交替间隔分布。

位于最外侧的线圈组件的线圈 10 最小回转半径 R 大于待处理圆晶的半径, 自线圈 10 的第一端至第二端, 多个第二变形段 112 和多个第一变形段 111 依次交替间隔分布。

第一变形段 111 和第二变形段 112 均为弧形; 位于最内侧的线圈组件上的所有第一变形段 111 的顶点位于经过回转中心 O 的第三虚拟直线 D3; 位于最外侧的线圈组件上的所有第二变形段 112 的顶点位于经过回转中心 O 的

第五虚拟直线 D5；第三虚拟直线 D3 与第五虚拟直线 D5 重合。

第一变形段 111 和第二变形段 112 均为弧形；位于最内侧的线圈组件上的所有第二变形段 112 的顶点位于经过回转中心 O 的第四虚拟直线 D4；位于最外侧的线圈组件上的所有第一变形段 111 的顶点位于经过回转中心 O 的第六虚拟直线；第四虚拟直线 D4 与第六虚拟直线 D6 重合。

换句话说，如图 11 所示，实施例一中的线圈组件（即内线圈组件）的所有第一变形段 111 分别位于第 II 象限和第 IV 象限，而第二实施例中的线圈组件（即外线圈组件）的所有第二变形段 112 分别位于第 II 象限和第 IV 象限，同时，内线圈组件的第一变形段 111 与外线圈组件的第二变形段 112 相对应，位于第 II 象限和第 IV 象限内的所有第一变形段 111 和第二变形段 112 的顶点位于同一虚拟直线上。相应的，内线圈组件的所有第二变形段 112 分别位于第 I 象限和第 III 象限，而外线圈组件的所有第一变形段 111 分别位于第 I 象限和第 III 象限，同时，内线圈组件的第二变形段 112 与外线圈组件的第一变形段 111 相对应，位于第 I 象限和第 III 象限内的所有第一变形段 111 和第二变形段 112 的顶点位于同一虚拟直线上。

如图 12 所示的采用本申请的线圈装置的电感耦合等离子体半导体工艺设备的刻蚀速率图，以及图 13 采用本申请线圈装置的电感耦合等离子体半导体工艺设备的偏心数据图。从图 13 的偏心数据来看，与图 6 相比，对应第 I 象限和第 III 区域的数值下降，对应第 II 象限和第 IV 象限区域的数值提高，整体刻蚀速率的差异范围大幅度下降，晶圆整体均匀性获得提高，蝴蝶型图（map）也获得了改善。

由此可见，本申请的线圈 10 通过在弧形部 11 上设置第一变形段 111、第二变形段 112，使第一变形段 111 至回转中心 O 的最大距离大于所在的弧形部 11 的回转半径 R，第二变形段 112 至回转中心 O 的最大距离小于所在的弧形部 11 的回转半径 R，相当于对线圈 10 围成的面积进行了调整，进而

抵消了线圈 10 为躲避接线柱而引起的面积差异,从而使晶圆上方区域等离子密度分布更加均匀,以此大大提高晶圆半径方向的工艺均匀性,提高工艺质量。

根据本申请还公开一种电感耦合等离子体半导体工艺设备,包括工艺腔室和上述的线圈 10,或者上述的线圈组件,或者上述的线圈装置,以将工艺腔室内的气体激发为等离子体。

可以理解的是,以上实施方式仅仅是为了说明本申请的原理而采用的示例性实施方式,然而本申请并不局限于此。对于本领域内的普通技术人员而言,在不脱离本申请的精神和实质的情况下,可以做出各种变型和改进,这些变型和改进也视为本申请的保护范围。

权 利 要 求 书

1.一种用于激发等离子体的线圈，适用于半导体工艺设备，其特征在于，所述线圈以回转延伸的方式设置在平面上，

5 所述线圈包括多个弧形部和多个连接部，所述弧形部和所述连接部绕所述线圈的回转中心设置，相邻的所述弧形部之间通过所述连接部相连；

 所述线圈具有第一端和第二端，自所述线圈的第一端至第二端，所述弧形部与所述连接部依次交替间隔分布且所述弧形部的回转半径逐渐增大；

 多个所述弧形部中的至少一个包括依次相连的第一变形段、圆弧段和
10 二变形段，所述第一变形段和所述第二变形段分别与所述圆弧段的两端连接，所述圆弧段所在圆的圆心为所述回转中心，所述弧形部的回转半径为所述圆弧段至所述回转中心的距离，

 所述弧形部的所述第一变形段至所述回转中心的最大距离大于所在的所述弧形部的回转半径；

15 所述弧形部的所述第二变形段至所述回转中心的最大距离小于所在的所述弧形部的回转半径。

2.根据权利要求1所述的线圈，其特征在于，在所述平面上，所述第一变形段相对于所述圆弧段所在圆向远离所述回转中心的方向突出，所述第二
20 变形段相对于所述圆弧段所在圆向靠近所述回转中心的方向内缩。

3.根据权利要求1所述的线圈，其特征在于，自所述线圈的第一端至第二端，所述第一变形段和所述第二变形段交替间隔设置。

25 4.根据权利要求1所述的线圈，其特征在于，所述线圈的第一端和第二端均位于第一虚拟直线上，

 所述线圈的第一端和第二端分别位于第二虚拟直线的两侧，所述第二虚

拟直线与所述第一虚拟直线垂直且相交于所述回转中心。

5.根据权利要求4所述的线圈，其特征在于，自所述线圈的第一端至第二端，相邻的两个所述弧形部分别位于所述第一虚拟直线的两侧；

5 同一所述弧形部上的第一变形段和第二变形段分别位于所述第二虚拟直线的两侧。

6.根据权利要求4所述的线圈，其特征在于，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第一变形段和多个所述第二变形段依次交替间隔分布。

10

7.根据权利要求4所述的线圈，其特征在于，所述第一变形段为弧形，所有所述第一变形段的顶点位于经过所述回转中心的第三虚拟直线上；

所述第二变形段为弧形，所有所述第二变形段的顶点位于经过所述回转中心的第四虚拟直线上。

15

8.根据权利要求7所述的线圈，其特征在于，所述第三虚拟直线与所述第四虚拟直线垂直；或者

所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° ；或者

20 所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° ；或者

所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° ；或者

25 所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° 。

9.根据权利要求2所述的线圈，其特征在于，待处理晶圆的直径为 ϕ ，

在同一所述弧形部上，所述第一变形段的突出距离为 $H1$ ，

$H1/\phi$ 的取值范围为 0.005 至 0.1；或者

$H1/\phi$ 的取值范围为 0.0067 至 0.05。

- 5 10.根据权利要求 2 所述的线圈，其特征在于，待处理晶圆的直径为 ϕ ，
在同一所述弧形部上，所述第二变形段的内缩距离为 $H2$ ，

$H2/\phi$ 的取值范围为 0.005 至 0.1；或者

$H2/\phi$ 的取值范围为 0.0067 至 0.05。

- 10 11.一种用于激发等离子体的线圈，适用于半导体工艺设备，其特征在
于，所述线圈以回转延伸的方式设置在平面上，所述线圈包括多个弧形部和
多个连接部，所述弧形部和所述连接部绕所述线圈的回转中心设置，多个所
述弧形部之间通过所述连接部相连；

所述弧形部具有变形段，所述变形段用于改变所述弧形部围成的所述线
15 圈产生的感应电磁场的形状，以调节所述感应电磁场产生的等离子体的分
布。

- 20 12.根据权利要求 11 所述的线圈，其特征在于，所述线圈具有第一端和
第二段，自所述线圈的第一端至第二段，所述弧形部依次分布且所述弧形部
的回转半径逐渐增大。

- 25 13.根据权利要求 12 所述的线圈，其特征在于，所述变形段包括第一变
形段和第二变形段，所述第一变形段和所述第二变形段位于同一所述弧形部
上；

所述第一变形段至所述回转中心的最大距离大于所在的所述弧形部的
回转半径；

所述第二变形段至所述回转中心的最大距离小于所在的所述弧形部的

回转半径。

14.根据权利要求 13 所述的线圈，其特征在于，所述弧形部还具有圆弧段，所述第一变形段、所述第二变形段分别与所述圆弧段的两端连接，所述
5 圆弧段所在圆的圆心为所述回转中心，所述弧形部的回转半径为所述圆弧段至所述回转中心的距离。

15.根据权利要求 13 所述的线圈，其特征在于，所述线圈的第一端和第二端均位于第一虚拟直线上，

10 所述线圈的第一端和第二端分别位于第二虚拟直线的两侧，所述第二虚拟直线与所述第一虚拟直线垂直且相交于所述回转中心；

自所述线圈的第一端至第二端，相邻的两个所述弧形部分别位于所述第一虚拟直线的两侧；

同一所述弧形部上的所述第一变形段和所述第二变形段分别位于所述
15 第二虚拟直线的两侧。

16.根据权利要求 15 所述的线圈，其特征在于，所述第一变形段为弧形，所有所述第一变形段的顶点位于过所述回转中心的第三虚拟直线上；

所述第二变形段为弧形，所有所述第二变形段的顶点位于过所述回转中
20 心的第四虚拟直线上。

17.根据权利要求 16 所述的线圈，其特征在于，所述第三虚拟直线与所述第四虚拟直线垂直。

25 18.根据权利要求 16 所述的线圈，其特征在于，所述线圈的最大回转半径小于待处理圆晶的半径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第一变形段和多个所述第二变形段依次交替间隔分布。

19.根据权利要求 18 所述的线圈，其特征在于，所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° ；或者

所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° 。

20.根据权利要求 16 所述的线圈，其特征在于，所述线圈的最小回转半径大于待处理圆晶的半径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第二变形段和多个所述第一变形段依次交替间隔分布。

21.根据权利要求 20 所述的线圈，其特征在于，所述第三虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 50° 至 70° ；或者

所述第四虚拟直线与所述第一虚拟直线所形成的夹角的角度范围为 20° 至 40° 。

22.一种用于激发等离子体的线圈组件，适用于半导体工艺设备，其特征在于，包括多个根据权利要求 1 至 21 中任一项所述的线圈，多个所述线圈以所述回转中心为偏转中心周向均匀分布。

23.一种用于激发等离子体的线圈装置，适用于半导体工艺设备，其特征在于，包括权利要求 22 所述的线圈组件，所述线圈组件为至少两个，至少两个所述线圈组件自内而外间隔设置。

24.根据权利要求 23 所述的线圈装置，其特征在于，位于最内侧的所述线圈组件的线圈最大回转半径小于待处理圆晶的半径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第一变形段和多个所述第二变形段依次交替间隔分布；

位于最外侧的所述线圈组件的线圈最小回转半径大于待处理圆晶的半

径，自所述线圈的第一端至第二端，多个所述第二变形段和多个所述第一变形段依次交替间隔分布。

- 25.根据权利要求 24 所述的线圈装置，其特征在于，所述第一变形段和
5 所述第二变形段均为弧形；

位于最内侧的所述线圈组件上的所有所述第一变形段的顶点位于过所述回转中心的第三虚拟直线；

位于最外侧的所述线圈组件上的所有所述第二变形段的顶点位于过所述回转中心的第五虚拟直线；

- 10 所述第三虚拟直线与所述第五虚拟直线重合。

26.根据权利要求 25 所述的线圈装置，其特征在于，所述第一变形段和所述第二变形段均为弧形；

- 15 位于最内侧的所述线圈组件上的所有所述第二变形段的顶点位于过所述回转中心的第四虚拟直线；

位于最外侧的所述线圈组件上的所有所述第一变形段的顶点位于过所述回转中心的第六虚拟直线；

所述第四虚拟直线与所述第六虚拟直线重合。

- 20 27.一种电感耦合等离子体半导体工艺设备，其特征在于，包括工艺腔室和权利要求 1 至 21 任一项所述的线圈，或者权利要求 22 所述的线圈组件，或者权利要求 23 至 26 中任一项所述的线圈装置，以将所述工艺腔室内的气体激发为等离子体。